

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-024830

(43)Date of publication of application : 25.01.2002

(51)Int.Cl.

G06T 7/00

(21)Application number : 2000-204199

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 05.07.2000

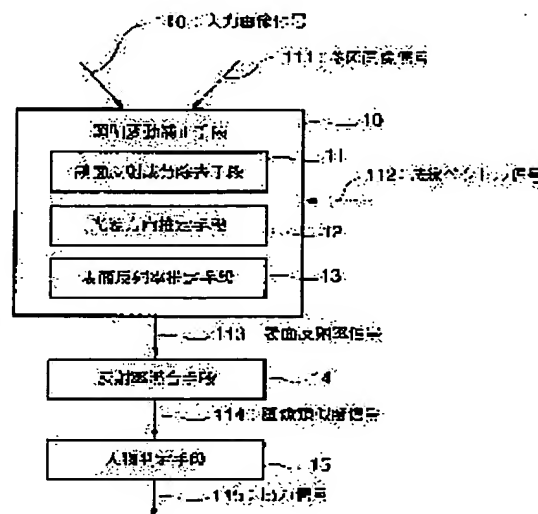
(72)Inventor : IMAOKA HITOSHI

(54) IMAGE CHECKING DEVICE, METHOD AND COMPUTER-READABLE STORAGE MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image checking device requiring only one image for each person as registration information, and which is capable of obtaining high checking rate.

SOLUTION: Brightness values for an input image and a reference image are inputted into an illumination change correction means 10 by an input image signal 110 and a reference image signal 111. The illumination change correction means 10 estimates the surface reflectances of the faces of objects on the input image and the reference image, by using a normal direction vector on a standard face shape of a person obtained from a normal vector signal 112. A reflectance checking means 14 compares the face surface reflectances of the input image and the reference image obtained by the illumination change correction means 10, and a person determination means 15 determines where the subject on the input image and the reference image are the same person, by using the result obtained by the reflectance checking means 14.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-24830

(P2002-24830A)

(43) 公開日 平成14年1月25日 (2002. 1. 25)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 6 T 7/00

識別記号

5 1 0

F I

G 0 6 T 7/00

テ-マコ-ト (参考)

5 1 0 B 5 B 0 4 3

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-204199(P2000-204199)

(22) 出願日 平成12年7月5日 (2000. 7. 5)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 今岡 仁

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100108578

弁理士 高橋 昭男 (外3名)

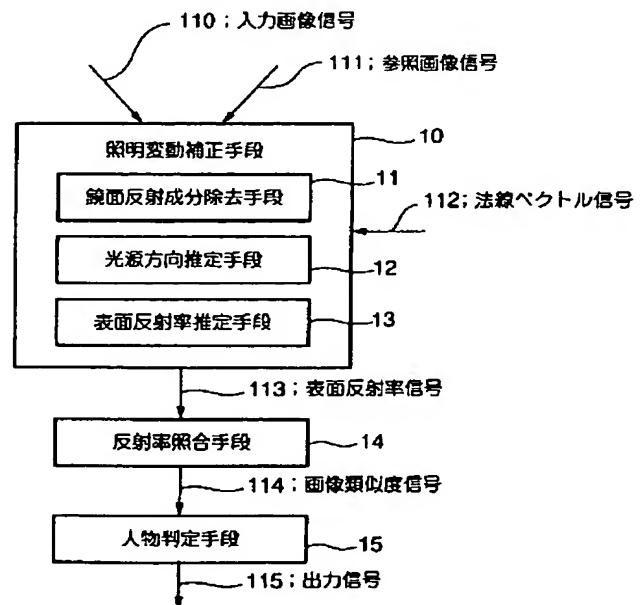
Fターム(参考) 5B043 BA04 DA05 EA01 EA05 GA03

(54) 【発明の名称】 画像照合装置、方法及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体

(57) 【要約】

【課題】 登録情報として各人物につき1枚のみしか画像を必要とせず、かつ高い照合率を得ることが可能な画像照合装置を提供する。

【解決手段】 照明変動補正手段10には、入力画像信号110及び参照画像信号111によって、入力画像及び参照画像の輝度値が入力される。照明変動補正手段10では、法線ベクトル信号112から得られる人の標準的な顔形状における法線方向ベクトルを用いて入力画像及び参照画像における被写体の顔の表面反射率を推定する。反射率照合手段14では、照明変動補正手段10で得られた入力画像と参照画像の顔表面反射率を比較し、人物判定手段15では、反射率照合手段14で得られた結果を用いて、入力画像と参照画像における被写体が同一人物であるか否かを判定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、入力画像及び参照画像から各画像の被写体における顔の表面反射率を推定する照明変動補正手段と、

前記照明変動補正手段で推定された 2 つの顔表面反射率を比較照合する照合手段とを設けたことを特徴とする画像照合装置。

【請求項 2】 人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、それぞれ濃淡画像である入力画像及び参照画像から各画像の被写体における顔の表面反射率を推定する濃淡画像照明変動補正手段と、前記濃淡画像照明変動補正手段で推定された 2 つの顔表面反射率を比較照合する照合手段とを設けたことを特徴とする画像照合装置。

【請求項 3】 人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、入力画像から被写体における顔の表面反射率を推定する照明変動補正手段と、前記照明変動補正手段で推定された顔表面反射率から、参照画像と同じ照明条件となる入力画像の被写体の画像を生成する変換画像生成手段と、前記変換画像生成手段で得られた画像と参照画像の輝度値を比較照合する照合手段とを設けたことを特徴とする画像照合装置。

【請求項 4】 前記照合手段の照合結果を閾値処理することによって同一人物か否かを判定する人物判定手段を設けたことを特徴とする請求項 1～3 の何れか 1 項に記載の画像照合装置。

【請求項 5】 照合対象となる複数人分の画像の中から入力画像における被写体の人物を検索する人物検索手段を設けたことを特徴とする請求項 1～3 の何れか 1 項に記載の画像照合装置。

【請求項 6】 前記識別対象画像を記憶する参照画像記憶部と、人の顔の標準的な立体形状を記憶した形状モデル記憶部とを設け、前記照明変動補正手段は、前記立体形状モデルを用いて顔の表面反射率を推定するために、鏡面反射成分除去手段と光源方向推定手段と表面反射率推定手段とを備えていることを特徴とする請求項 1 又は 3 記載の画像照合装置。

【請求項 7】 前記識別対象画像を記憶する参照画像記憶部と、人の顔の標準的な立体形状を記憶した形状モデル記憶部とを設け、前記濃淡画像照明変動補正手段は、前記立体形状モデルを用いて濃淡画像から顔の表面反射率を推定するために、光源方向推定手段と濃淡画像表面反射率推定手段とを備えていることを特徴とする請求項 2 記載の画像照合装置。

【請求項 8】 人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、入力画像及び参照画像から各画像の被写体における顔の表面反射率を推定する推定ステップと、

前記推定ステップで推定された 2 つの顔表面反射率を比較照合する照合ステップとを設けたことを特徴とする画像照合方法

【請求項 9】 人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、それぞれ濃淡画像である入力画像及び参照画像から各画像の被写体における顔の表面反射率を推定する推定ステップと、

前記推定ステップで推定された 2 つの顔表面反射率を比較照合する照合ステップとを設けたことを特徴とする画像照合方法

【請求項 10】 人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、入力画像から被写体における顔の表面反射率を推定する推定ステップと、前記推定ステップで推定された表面反射率を用いて、参照画像と同じ照明条件となるように入力画像を変換する変換ステップと、

前記変換ステップで得られた画像と参照画像の輝度値を比較照合する照合ステップとを設けたことを特徴とする画像照合方法。

【請求項 11】 前記照合ステップの照合結果を閾値処理することによって同一人物か否かを判定する判定ステップを設けたことを特徴とする請求項 8～10 の何れか 1 項に記載の画像照合方法。

【請求項 12】 照合対象となる複数人分の画像の中から入力画像における被写体の人物を検索する検索ステップを設けたことを特徴とする請求項 8～10 の何れか 1 項に記載の画像照合方法

【請求項 13】 コンピュータに 2 つの画像を比較照合させるための画像照合制御プログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体であって、

前記画像照合制御用プログラムは、前記コンピュータに人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、入力画像及び参照画像から各画像の被写体における顔の表面反射率を推定する推定手順と、前記推定手順により得られた 2 つの表面反射率を比較照合する照合手順とを実行するためのプログラムであることを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 14】 コンピュータに 2 つの画像を比較照合させるための画像照合制御プログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体であって、

前記画像照合制御用プログラムは、前記コンピュータに人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、それぞれ濃淡画像である入力画像及び参照画像から各画像の被写体における顔の表面反射率を推定する推定手順と、

前記推定手順により得られた 2 つの表面反射率を比較照合する照合手順とを実行するためのプログラムであることを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 15】 コンピュータに 2 つの画像を比較照合させるための画像照合制御プログラムを記録したコンピ

10

20

30

40

50

ユーザ読み取り可能な記憶媒体であって、
前記画像照合制御用プログラムは、前記コンピュータに
人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデル
を用いて、入力画像から被写体の顔の表面反射率を推定
する推定手順と、
前記推定手順により得られた表面反射率を用いて参照画
像と同じ照明条件となるように入力画像を変換する変換
手順と、
前記変換手順により得られた画像の輝度値と参照画像の
輝度値を比較照合する照合手順とを実行するためのプロ
グラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶
媒体。

【請求項 1 6】 前記照合手順による照合結果を閾値処
理することによって同一人物か否かを判定させる判定手
順を実行するためのプログラムを記憶したことを特徴と
する請求項 1 3 ～ 1 5 の何れか 1 項に記載のコンピュ
ータ読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 1 7】 複数人分の照合結果から入力画像にお
ける被写体を検索する検索手順を実行するためのプログ
ラムを記憶したことを特徴とする請求項 1 3 ～ 1 5 の何
れか 1 項に記載のコンピュータ読み取り可能な記憶媒
体。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は、人物の顔が撮影さ
れた 2 つの画像を比較照合して、同一人物か否かを判定
する場合等に用いて好適な画像照合装置、方法及びそれ
らに用いられるコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に
関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】 2 つの人間の顔画像を計算機により照合
検索する技術について、これまで多くの研究がなされて
いるが、現状では実用化にまだ程遠い状態である。その
原因は顔が人によらず類似しているにもかかわらず、一
方では、同一人物の顔であっても画像上では非常に大き
な変動が生じているためである。

【 0 0 0 3 】 上記変動要因は大きく分けて、顔の向きに
よる変化、照明条件による変化、顔の表情による変化、
顔の経年変化等がある。その中でも特に照明条件による
変化は、照合率が低下する大きな原因の一つになっている。

【 0 0 0 4 】 照明変動に強い画像照合を実現するため
に、従来、画像のエッジ成分を利用する方法が広く使わ
れてきた。エッジ特徴による照合方法の一例が、1993年
にIEEE Transition Pattern Analysis and Machine Inte
lligence の1042頁乃至1052頁に記載された「Face Reco
gnition: feature versus templates」と題するR. Brunelli
とT. Poggioの論文に記載されている。

【 0 0 0 5 】 上記文献によると、エッジ特徴による照合
とは、画像からエッジ成分のみを抽出したエッジ画像に

より比較照合する方法である。上記手法はエッジ成分が
照明変動による影響を受けにくいことを利用した優れた
手法であるが、その反面、画像の特定空間周波数のみを
利用するため識別分解能が低下するという問題がある。

【 0 0 0 6 】 そこで、1998年にIEEEの52頁乃至58頁に記
載された「Illumination Cones for Recognition Under
Variable Lightings: Faces」と題するA. S. Georgiades
s, D. J. Kreigman, P. N. Belhumeurによる論文では、前述
の問題を回避するため、複数の顔画像から立体形状を構
築する方法が提案された。上記文献に記載された手法と
は、複数の光源方向の異なる画像から顔立体形状及び表
面反射率を復元し、2次元平面へ再度投射された画像を
利用して照合を行うものである。上記文献によると、誤
認識する確率が正規化相関法を用いた場合には46.2%

(10名130 画像)であったのに対し、上記手法では1.5%
と格段に低下することが示されている。しかし、上記手
法は登録情報に照明方向が異なる画像が複数枚必要な
ことから、登録情報収集の利便性に問題がある。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】 前述したエッジ特徴に
よる方法では登録画像が1枚でよいと、登録情報収集
の容易さでは優れているが、十分な照合性能を得ること
ができないという問題があった。

【 0 0 0 8 】 また、前記A. S. Georgiades らによる手法
では、高い照合性能を得ることができるが、異なる光源
方向から撮影された顔画像が複数枚必要なため、登録情
報収集の利便性の点で問題があった。

【 0 0 0 9 】 そこで、本発明の目的は上記問題を解消
し、登録画像を1枚しか必要とせず、かつエッジ抽出手
法よりも高い照合性能を得ることができる画像照合装
置、方法及びコンピュータ読み取り可能な記憶媒体を提
供することにある。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するた
めに、本発明による第1の画像照合装置は、人の顔の標
準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、
入力画像及び参照画像から各画像の被写体における顔の
表面反射率を推定する照明変動補正手段と、上記照明変
動補正手段で推定された2つの顔表面反射率を比較照合
する照合手段とを設けたものである。

【 0 0 1 1 】 本発明による第2の画像照合装置は、人の
顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用
いて、それぞれ濃淡画像である入力画像及び参照画像か
ら各画像の被写体における顔の表面反射率を推定する濃
淡画像照明変動補正手段と、上記濃淡画像照明変動補正
手段で推定された2つの顔表面反射率を比較照合する照
合手段とを設けたものである。

【 0 0 1 2 】 本発明による第3の画像照合装置は、人の
顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用
いて、入力画像から被写体における顔の表面反射率を推

定する照明変動補正手段と、上記照明変動補正手段で推定された顔表面反射率から、参照画像と同じ照明条件となる入力画像の被写体の画像を生成する変換画像生成手段と、上記変換画像生成手段で得られた画像と参照画像の輝度値を比較照合する照合手段とを設けたものである。

【0013】本発明による第1の画像照合方法は、人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、入力画像及び参照画像から各画像の被写体における顔の表面反射率を推定する推定ステップと、上記推定ステップで推定された2つの顔表面反射率を比較照合する照合ステップとを設けたものである。

【0014】本発明による第2の画像照合方法は、人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、それぞれ濃淡画像である入力画像及び参照画像から各画像の被写体における顔の表面反射率を推定する推定ステップと、上記推定ステップで推定された2つの顔表面反射率を比較照合する照合ステップとを設けたものである。

【0015】本発明による第3の画像照合方法は、人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、入力画像から被写体における顔の表面反射率を推定する推定ステップと、上記推定ステップで推定された表面反射率を用いて、参照画像と同じ照明条件となるように入力画像を変換する変換ステップと、上記変換ステップで得られた画像の輝度値と参照画像の輝度値とを比較照合する照合ステップとを設けたものである。

【0016】本発明による第1のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体は、コンピュータに2つの画像照合を比較照合させるための画像照合制御プログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体であって、上記画像照合制御プログラムは、上記コンピュータに人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、入力画像及び参照画像から各画像の被写体における顔の表面反射率を推定する推定手順と、上記推定手順により得られた2つの表面反射率を比較照合する照合手順とを実行するためのプログラムである。

【0017】本発明による第2のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体は、コンピュータに2つの画像照合を比較照合させるための画像照合制御プログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体であって、上記画像照合制御プログラムは、上記コンピュータに人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、それぞれ濃淡画像である入力画像及び参照画像から各画像の被写体における顔の表面反射率を推定する推定手順と、上記推定手順により得られた2つの表面反射率を比較照合する照合手順とを実行するためのプログラムである。

【0018】本発明による第3のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体は、コンピュータに2つの画像照合を比

較照合させるための画像照合制御プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体であって、上記画像照合制御プログラムは、上記コンピュータに人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、入力画像から被写体の顔の表面反射率を推定する推定手順と、上記推定手順により得られた表面反射率を用いて参照画像と同じ照明条件となるように入力画像を変換する変換手順と、上記変換手順により得られた画像と参照画像の輝度値を比較照合する照合手順とを実行するためのプログラムである。

【0019】

【発明の実施の形態】以下に説明する本発明の第1～第5の実施の形態においては、次の4つの画像照合方法が提案されている。即ち、第1の画像照合方法では、人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、入力画像と参照画像の顔の表面反射率を推定し、その結果得られた顔表面反射率情報を比較照合し、同一人物か否かを判定している。

【0020】また、第2の画像照合方法では、濃淡画像から人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、それぞれ濃淡画像である入力画像と参照画像の顔の表面反射率を推定し、その結果得られた顔表面反射率情報を比較照合し、同一人物か否かを判定している。

【0021】第3の画像照合方法では、人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて、入力画像の顔の表面反射率を推定し、その結果得られた顔表面反射率から任意の照明条件を持つ画像を生成し、生成された画像間の輝度値情報を比較照合し、同一人物か否かを判定している。

【0022】第4の画像照合方法では、人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて顔の表面反射率を推定し、推定された顔表面反射率情報を比較照合し、画像データベース中から同一人物を検索している。尚、上記第1～4の画像照合方法を組み合わせて画像照合を行うことも可能である。

【0023】次に、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1は本発明の第1の実施の形態による画像照合装置の主要部の構成を示すブロック図である。図1において、画像照合装置の主要部は、照明変動補正手段10と反射率照合手段14と人物判定手段15から構成されている。また、照明変動補正手段10は、鏡面反射成分除去手段11と光源方向推定手段12と表面反射率推定手段13から構成されている。

【0024】図2は第1の実施の形態による画像照合装置の全体の構成を示すブロック図である。図2において、本実施の形態による画像照合装置は、スキャナやキーボード等の入力装置1と、プログラム制御によって動作するデータ処理装置2と、情報を記憶する記憶装置3と、ディスプレイ装置や印刷装置などの出力装置4から

構成されている。データ処理装置 2 は、上記主要部である照明変動補正手段 10 と反射率照合手段 14 と人物判定手段 15 から構成されており、記憶装置 2 は参照画像記憶部 60 と形状モデル記憶部 61 から構成されている。

【0025】次に、図 1～図 5 を参照して本実施の形態による画像照合装置の処理動作について説明する。図 3 は本実施の形態による処理動作を示すフローチャートである。図 4 は鏡面反射成分除去手段 11 の処理動作を示すフローチャートである。図 5 は光源方向推定手段 12 の処理動作を示すフローチャートである。本実施の形態は、照明条件が異なる 2 枚の顔画像を照合することにより、画像中の被写体が一致するか否かを判定するものである。以下の説明においては、照合対象となる 2 枚の画像を区別するため、入力画像と参照画像と呼ぶことにする。

【0026】入力画像信号 110 及び参照画像信号 111 として、入力画像及び参照画像における輝度値情報が供給される。入力画像及び参照画像は、各画素での輝度が RGB 値から構成されたカラー画像で、画像中における顔の大きさは正規化されているものとする。顔の正規化

$$\begin{pmatrix} I_{Ri} \\ I_{Gi} \\ I_{Bi} \end{pmatrix} = I_{di,i} \begin{pmatrix} a_R \\ a_G \\ a_B \end{pmatrix} + I_{si,i} \begin{pmatrix} b_R \\ b_G \\ b_B \end{pmatrix}$$

【0031】と書くことができる。ここで、右辺第 1 項は拡散反射成分、第 2 項は鏡面反射成分を表し、 I_{di} 、 I_{si} はその強度を表している。また、 $(I_{Ri}, I_{Gi}, I_{Bi})^t$ は入力画像の輝度値、 $(a_R, a_G, a_B)^t$ は顔の表面色、 $(b_R, b_G, b_B)^t$ は光源色を表している。ただし、 t は転置行列を意味し、 $|a| = |b|$ 30 $= 1$ とする。

$$\begin{pmatrix} I_x \\ I_y \\ I_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.7689 & 1.7517 & 1.1302 \\ 1.0000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0 & 0.0565 & 5.5943 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_R \\ I_G \\ I_B \end{pmatrix}$$

$$I_x = I_x / (I_x + I_y + I_z), \quad I_y = I_y / (I_x + I_y + I_z) \quad \text{----- (2)}$$

【0034】と書くことができる。xy 色度図上において画素の頻度分布を考えたときに、顔の大部分が肌領域であるため、最頻値周辺が肌領域から投射された画素になると、肌色部分を表面色としたとき、鏡面反射成分を分離できる可能性が高くなる。上記理由により、xy 色度図上における最頻値 (I_{x0}, I_{y0}) を RGB 形式に変換した結果を表面色 α とする。

$$\begin{pmatrix} I_{si} \\ I_{di} \end{pmatrix} = (A^t A)^{-1} A^t \begin{pmatrix} I_{Ri} \\ I_{Gi} \\ I_{Bi} \end{pmatrix} \quad A = (a, b) \quad \text{----- (3)}$$

【0038】を得ることができる。ステップ S11 及びステップ S12 より A は既知であるため、反射強度を求

方法については、文献（相馬、長尾「取得過程の極端に異なる顔画像の照合」電子情報通信学会論文誌 D-II vol. 1.80, pp. 2225-2231）に参考例が記載されているが、その他の手法でも実現可能である。さらに、入力画像と参照画像における人物の顔の向きは同じであると仮定する。

【0027】また、人の平均的な顔形状から算出された法線方向ベクトル信号 112 が形状モデル信号として供給される。ただし、形状モデルについても、顔の大きさが正規化されているものとする。

【0028】照明変動補正手段 10 では、顔画像から顔の表面反射率を推定する。表面反射率は各個人に普遍的な特徴であるため、表面反射率が推定できると照明条件の影響を受けない照合が可能になる。本手段 10 では入力画像と参照画像で同じ処理を行うため、入力画像の場合のみ説明する。

【0029】鏡面反射成分除去手段 11 では、2 色性反射モデルを用いて、入力画像から鏡面反射成分を分離する（図 3 のステップ S1）。2 色性反射モデルは

【0030】

【数 1】

$$\text{----- (1)}$$

【0032】本手段 11 の処理動作を図 4 を用いて具体的に説明する。ステップ S11 では顔の表面色を推定する。まず、各画素の輝度値を xy 色度値に変換する。xy 色度値を I_x, I_y とすると、変換式は、

【0033】

【数 2】

【0035】ステップ S12 では光源色を推定する。ただし、本実施の形態では光源色は未知であるため白色光源と仮定し、 $b_R = b_G = b_B$ と設定する。

【0036】ステップ S13 においては、各画素毎に反射強度 I_{di}, I_{si} を推定する。最小自乗法を用いて、式 1 を解くと、

【0037】

【数 3】

めることができる。

【0039】次に、光源方向推定手段 12 の動作を図 5

のフローチャートを参照して説明する（図3のステップS2）。図5において、ステップS21では、画素の位置を表す変数 i を1に設定する。ただし、 N は全画素数を表す。次のステップS22においては、領域の大きさを表す変数 j を1に設定する。その後、ステップS23では、画素 i を中心とした半径 Rj に含まれる画像上の全画素番号を記録する。ここで、記録された領域を Ω_0 と呼ぶことにする。

【0040】次のステップS24では、変数 Ω 、 k に初

$$I_{d,p} = N_p \cdot I_j \text{ ----- (4)}$$

【0043】と書くことができる。ここで、 $p \in \Omega$ 、 $N_p = (n_{x,p}, n_{y,p}, n_{z,p})$ は画素 p での法線方向ベクトル、 $I_j = (I_{j,x}, I_{j,y}, I_{j,z})$ は光源強度を含んだ光源方向ベクトル、 $I_{d,p}$ は前記除去手段

$$e_j = (1/N_\Omega) \sum_p (I_{d,p} - N_p \cdot I_j)^2 \text{ ----- (5)}$$

【0045】としたとき、これを最小にするように式5を解くと、光源方向 I_j を得ることができる。ただし、記号 \cdot はベクトルの内積を表す。

【0046】その後、ステップS27では領域 Ω の要素を更新する。領域 Ω の中には、輝度値が負になる画素や、反射率の異なる画素が含まれているため、推定された光源方向は必ずしも正しいものになっていない。よって本ステップS27ではこのような画素を領域 Ω から除外する。除外する要素は、 $N_p \cdot I_j < 0$ または $|I_{d,p} - N_p \cdot I_j| > \epsilon$ を満たす画素で、前者は輝度値が負になる画素を除外するために導入された式で、後者は反射率の異なる画素を除外するために導入された式である。

【0047】次にステップS28において、 k に1を加算し、ステップS25を満たすまで、ステップS25からステップS28を繰り返す。終了後、ステップS22

$$I_j = c_i (L_i \cdot N_i) + b_{ls,i} \text{ ----- (6)}$$

【0051】と書くことができる。表面反射率 c_i 以外は既知であるため、この式を c_i について解くと、

$$c_i = (I_j - b_{ls,i}) / (L_i \cdot N_i) \text{ ----- (7)}$$

【0053】を得ることができる。ただし、 $L_i \cdot N_i \leq 0$ 又は $I_j - b_{ls,i} < 0$ の場合には意味を持たないため、照合に利用しないことを示す $c_i = (0, 0, 0)^t$ を設定する。以上の方法によって得られた表面反射率の値を表面反射率信号113とする。

【0054】反射率照合手段14では、登録画像と参照

$$r = (\hat{c} \cdot \hat{c}') / |\hat{c}| |\hat{c}'| \text{ ----- (8)}$$

【0056】と書くことができる。ここで、

【0057】

$$\hat{c} = c - \bar{c}, \hat{c}' = c' - \bar{c}' \text{ ----- (9)}$$

【0058】であり、

【0059】

【数10】

$$\bar{c}, \bar{c}'$$

期値 Ω_0 、0 を代入する。続いて、ステップS25において、 Ω の要素数と Ω_0 の要素数の比が閾値 s 以下になるか、 k が繰り返し最大値 k_{max} に達するまで繰り返す。

【0041】次に、ステップS26では、領域 Ω における光源方向を推定する。単一光源であると仮定すると、拡散反射成分強度と光源方向の関係は、

【0042】

【数4】

$$11 \text{ で得られた拡散反射成分強度である。自乗誤差を}$$

【0044】

【数5】

【数5】

に戻り、 j に1加算して異なる半径を持つ領域 Ω に対しても、上記処理過程を j が N_r に達するまでステップS22からS28-0、S28-1を繰り返す。

【0048】次にステップS29ではステップS22からS28で求められた光源方向 I_j を用いて、画素 i での光源方向 L_i を推定する。誤差 e_j が最小となる $j=j_0$ を最良推定とみなし、 $L_i = I_{j_0}$ とする。次にステップS21に戻り、次の画素について光源方向を推定する。最終的に i が N に達した時点で光源方向推定処理の全過程を終了する（ステップS30-0、S30-1）。

【0049】表面反射率推定手段13では、顔表面における反射率を推定する（図3ステップS3）。画素 i での表面反射率を $c_i = (c_{x,i}, c_{y,i}, c_{z,i})^t$ とすると、表面反射率を含む照明モデルは、

【0050】

【数6】

$$I_j = c_i (L_i \cdot N_i) + b_{ls,i} \text{ ----- (6)}$$

【0052】

【数7】

画像の表面反射率を比較し、類似度を算出する（ステップS4）。入力画像の表面反射率を c_i 、参照画像の表面反射率を c'_i とすると、その正規化相関は、

【0055】

【数8】

【数9】

【0060】はそれぞれ c 、 c' の平均値を表す。相関値 r は画像間の類似度を表すため、 r を人物判定の基準に使うことができる。従って、類似度 r を画像類似度信号114とする。ただし、画像照合方法についてはこれ

以外の方法、例えば画像間の距離を用いた方法などでも、本発明を実現することができる。

【0061】人物判定手段15では、類似度の値を基に同一人物か否かを判定する(ステップS5)。ある閾値nを決めたとき、 $r > n$ ならば1、それ以外ならば0を出力信号115として出力する(ステップS6)。出力結果は同一人物と判定されたならば「1」となり、異なる人物と判定されたならば「0」となるため、同一人物か否かを判定することができる。

【0062】本実施の形態によれば、顔の部分毎に照明方向の推定を行っているため、顔全体で一括して照明方向推定を行った場合に比べ、得られた照明方向の誤差が少なく、照合率が良くなるという利点がある。また、鏡面反射成分による効果を除去しているため、鏡面反射成分を除去しない場合に比べ、照合率が良くなるという利点がある。さらに、照合に顔画像を2枚しか必要としないため、従来技術で述べたA. S. Georgiades らによる手法に比べ、登録画像の収集が容易であり、記憶容量が少なくてもよいという利点もある。

【0063】図6は本発明の第2の実施の形態による画像照合装置の主要部の構成を示すブロック図である。図6において、本実施の形態による画像照合装置の主要部は、図1の鏡面反射成分除去手段11を削除すると共に、表面反射率推定手段13に代えて濃淡画像表面反射

$$c_i = I_i / (L_i \cdot N_i) \quad \text{----- (10)}$$

【0068】と書ける。ただし、第1の実施の形態と同様、 $L_i, N_i \leq 0$ となる画素は照合から除外する。式10によって求めた値 c_i を表面反射率信号113とする。ステップS33以降については第1の実施の形態と同様な処理を行う。

【0069】本実施の形態によれば、第1の実施の形態では適用できなかった濃淡画像での照合が可能になるという利点が得られる。

【0070】図8は本発明の第3の実施の形態による画像照合装置の主要部の構成を示すブロック図である。図8において、本実施の形態による画像照合装置の主要部は、変換画像生成手段18が設けられると共に、図1の反射率照合手段14が輝度値照合手段19に代わった以外は図1と同様の構成になっており、同一構成要素には同一符号を付してある。また、同一構成要素の動作は第1の実施の形態と同様である。

【0071】また、本実施の形態による画像照合装置の全体の構成は、図2のデータ処理装置2の構成が図8に

$$I_i = c_i / (L_i \cdot N_i) \quad \text{----- (11)}$$

【0074】と書ける。式11に従って変換画像生成手段18により参照画像の照明条件を持つ画像を生成し、変換画像信号116とする。次いで、ステップS45では、上記ステップS44で生成された画像と参照画像の輝度値を輝度値照合手段19で比較し、類似度を算出する。ステップS46では、人物判定手段15で類似度の

率推定手段17を設けた以外は、図1と同様の構成になっており、同一構成要素には同一符号を付してある。

【0064】また、同一構成要素の動作は図1の場合と同様である。さらに第2の実施の形態による画像照合装置の全体の構成は、図2のデータ処理装置2の構成が図6に示す構成になっている以外は第1の実施の形態による画像照合装置と同様である。

【0065】図7は本実施の形態による画像照合装置の処理動作を示すフローチャートである。図6及び図7を参照して本実施の形態による画像照合装置の処理動作を説明する。本実施の形態は、入力画像及び参照画像がカラー画像でなく、濃淡画像の場合に用いられる。第1の実施の形態では、画像がカラーであることを利用して鏡面反射成分を除去したが、本実施の形態では濃淡画像であるため同様な処理をすることができない。そこで、本実施の形態では光源方向推定処理から始める(ステップS31)。本ステップ31の処理内容は第1の実施の形態における図3のステップS2と同じである。

【0066】次にステップS32では、前ステップで得られた光源方向を利用して、表面反射率を推定する。画素iでの輝度値を I_i 、光源方向を L_i 、法線方向を N_i としたとき、式(5)に従って、表面反射率は、

【0067】

【数11】

示す構成になっている以外は第1の実施の形態による画像照合装置と同様である。また、照明条件信号117として参照画像の照明条件が供給される。

【0072】図9は本実施の形態による画像照合装置の処理動作を示すフローチャートである。図8及び図9を参照して、本実施の形態における画像照合装置の処理動作を説明する。本実施の形態は、参照画像又は入力画像における照明条件が既知の場合に有効である。まず、ステップS41からステップS43では、第1の実施の形態と同様、入力画像に対して鏡面反射成分の分離、光源方向の推定、表面反射率の推定を行う。次に、ステップS44では、参照画像と同じ照明条件を持つ画像を生成する。照明条件信号から供給された光源方向を L'_i 、照明変動補正手段10で推定された表面反射率 c_i をとすると、変換後の画像における輝度値 I'_i は、

【0073】

【数12】

閾値処理を行い、同一人物であるか否かを判定する。

【0075】尚、上記手法は、参照画像の光源方向が未知の場合でも、ステップS42の方法に従って光源方向を推定することが可能である。

【0076】本実施の形態によれば、参照画像における光源方向が既知の場合に、入力画像の変換のみで照合で

きる点で有効である。参照画像が複数かつ照明条件が等しい場合、入力画像の変換のみで照明条件による変動が排除できることになり、処理の効率化の点で効果がある。

【0077】図10は本発明の第4の実施の形態による画像照合装置の主要部の構成を示すブロック図である。図10において、本実施の形態による画像照合装置の主要部は、図1の人物判定手段15に代えて人物検索手段20が設けられると共に、参照画像信号111に代えて参照画像群信号118が入力される以外は図1と同様の構成であり、同一構成要素には同一符号を付してある。また、同一構成要素の動作は第1の実施の形態による画像照合装置の主要部と同様である。

【0078】また、本実施の形態による画像照合装置の全体の構成は、図1に示すデータ処理装置2の構成が図10に示す構成になっている以外は第1の実施の形態による画像照合装置と同様である。

【0079】図11は本実施の形態による画像照合装置の処理動作を示すフローチャートである。図10及び図11を参照して、本実施の形態による画像照合装置の処理動作を説明する。本実施の形態は、画像データベース等に記憶されている複数人の顔画像の中から、入力画像の被写体に相当する画像を選び出すことによって、入力画像の被写体を特定する場合である。参照画像群信号118とは、いろいろな人物が含まれている顔画像の中から、照合対象となる顔画像を照明変動補正手段10に供給する信号のことである。照明変動補正手段10と反射率照合手段14では、第1の実施の形態と同様、表面反射率を推定し、表面反射率による照合処理を行う。人物検索手段20では、全ての照合対象となる画像の類似度を受け取った時点で、最も類似度が高かった参照画像を選び出す(図11のステップS55)。人物検索手段20の出力信号115は、最も類似度の高い参照画像での識別番号となる。

【0080】本実施の形態について実画像を用いて実験をした結果について述べる。使用した画像は参照画像が41人分、入力画像が41人分である。但し、入力画像と参照画像は異なる照明条件下で撮影された画像である。本実施の形態において、検索結果として得られた被写体が入力画像での被写体と一致する割合を求めると85%になり、エッジ抽出手法を同じ画像に適用したところ68%になった。このことより、本実施の形態は従来手法における照合性能を大幅に改善することが分かる。

【0081】図12は本発明の第5の実施の形態による画像照合装置の構成を示すブロック図である。図12において、本実施の形態による画像照合装置は、図2のデータ処理装置2の代わりにデータ処理装置6を設け、記憶媒体5を追加した以外は図2と同様の構成となっており、同一構成要素には同一符号を付してある。また、同一構成要素の動作は第1の実施の形態による画像照合装

置と同様である。

【0082】記憶媒体5は、本発明によるコンピュータ読み取り可能な記憶媒体を構成するものであり、上述した第1～第5の実施の形態の処理動作を行うための顔画像照合用のプログラムが記録されている。

【0083】顔画像照合用プログラムは記憶媒体5からデータ処理装置6に読み込まれ、データ処理装置6の動作を制御し、記憶装置3に参照画像記憶部60と形状モデル記憶部61を生成する。データ処理装置6は顔画像照合用プログラムの制御により、図2のデータ処理装置2による装置と同一の処理を実行する。

【0084】本実施の形態によれば、上記のように、顔の表面反射率で照合することより、従来手法に比べ高い照合率を得ることができる。また、照合に必要なとする画像が各人につき1枚のため、画像を記録するために必要とする記録媒体の容量を少なくすることができ、データベースを容易に構築することができる。

【0085】さらに、顔の立体形状を個人毎に持つ代わりに標準的な形状を持つことで、立体形状を記憶するための記憶媒体を少なくすることができる。その際、形状データの収集には特別な計測装置が必要であることから、各人の立体計上データを収集する必要がなく、データベース情報の収集に関しても容易になる。

【0086】さらにまた、参照画像における光源方向が既知の場合に、入力画像の変換のみで照合できる点で有効である。特に参照画像が複数かつ照明条件が等しい場合、入力画像の変換のみで照明条件による変動が排除できることになり、処理の効率化の点で効果がある。

【0087】上記記憶媒体5としては、光磁気ディスク、光ディスク、半導体メモリ、磁気記録媒体等を用いることができ、これらをROM、RAM、CD-ROM、フロッピー（登録商標）ディスク、メモ리카ード等に構成して用いてよい。

【0088】またこの記憶媒体は、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部のRAM等の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持するものも含まれる。

【0089】また上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから伝送媒体を介して、あるいは伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されるものであってもよい。上記伝送媒体とは、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体をいうものとする。

【0090】また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためであってもよい。さらに、前述した機能をコンピュータシステムに既に記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

【0091】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、人の顔の標準的な立体形状を記述した顔立体形状モデルを用いて入力画像と参照画像で表面反射率を推定し、計算された表面反射率間で比較照合することにより、データベースに登録する画像として各人物につき1枚しか画像を必要とせず、かつ高い照合性能を得ることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態による画像照合装置の主要部の構成を示すブロック図である。

【図2】 本発明の第1の実施の形態による画像照合装置の全体の構成を示すブロック図である。

【図3】 本発明の第1の実施の形態による画像照合装置の処理動作を示すフローチャートである。

【図4】 鏡面反射成分除去手段11の処理動作を示すフローチャートである。

【図5】 光源方向推定手段12の処理動作を示すフローチャートである。

【図6】 本発明の第2の実施の形態による画像照合装置の主要部の構成を示すブロック図である。

【図7】 本発明の第2の実施の形態による画像照合装置の処理動作を示すフローチャートである。

【図8】 本発明の第3の実施の形態による画像照合装置の主要部の構成を示すブロック図である。

【図9】 本発明の第3の実施の形態による画像照合装置の処理動作を示すフローチャートである。

【図10】 本発明の第4の実施の形態による画像照合装置の主要部の構成を示すブロック図である。

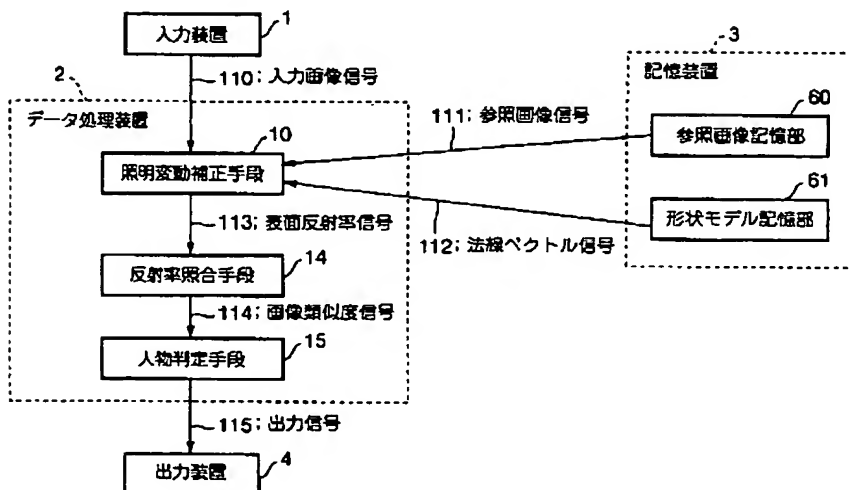
【図11】 本発明の第4の実施の形態による画像照合装置の処理動作を示すフローチャートである。

【図12】 本発明の第5の実施の形態による画像照合装置の主要部の構成を示すブロック図である。

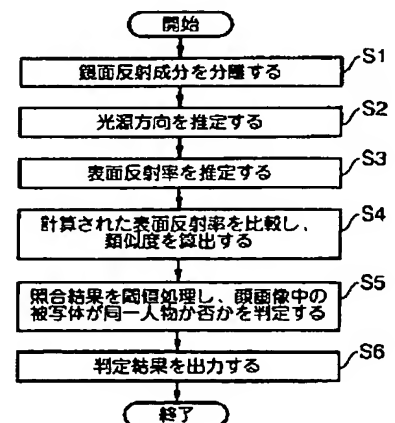
【符号の説明】

- 1 入力装置
- 2 データ処理装置
- 3 記憶装置
- 4 出力装置
- 5 記憶媒体
- 6 データ処理装置
- 10 照明変動補正手段
- 11 鏡面反射成分除去手段
- 12 光源方向推定手段
- 13 表面反射率推定手段
- 14 反射率照合手段
- 15 人物判定手段
- 16 濃淡画像照明変動補正手段
- 17 濃淡画像表面反射率推定手段
- 18 変換画像生成手段
- 19 輝度値照合手段
- 20 人物検索手段
- 60 参照画像記憶部
- 61 形状モデル記憶部
- 110 入力画像信号
- 111 参照画像信号
- 112 法線ベクトル信号
- 113 表面反射率信号
- 114 画像類似度信号
- 115 出力信号
- 116 変換画像信号
- 117 照明条件信号
- 118 参照画像群信号

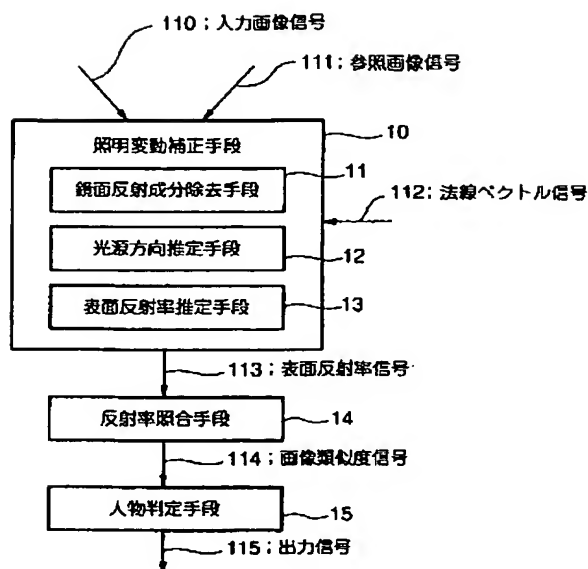
【図2】



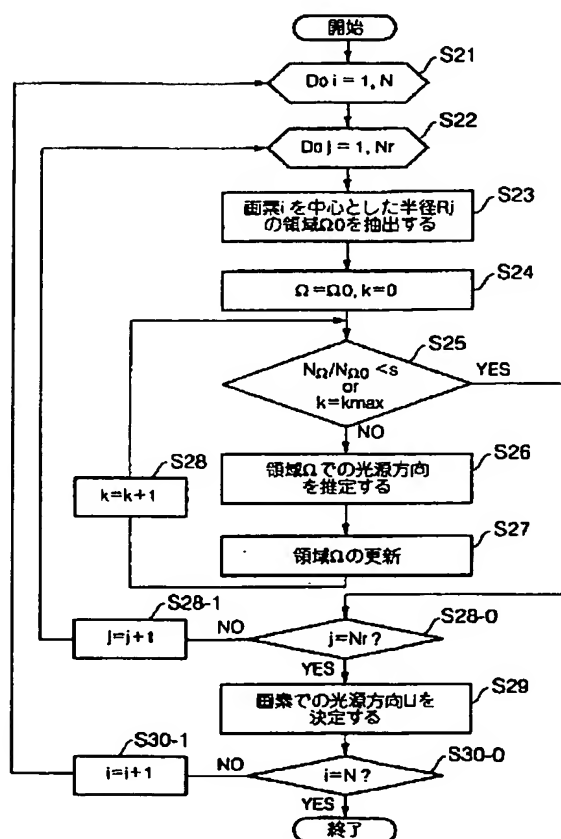
【図3】



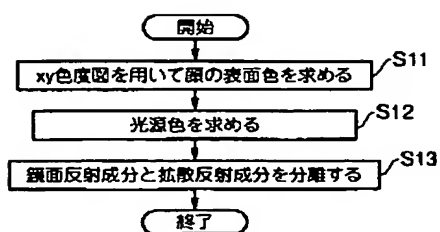
【図 1】



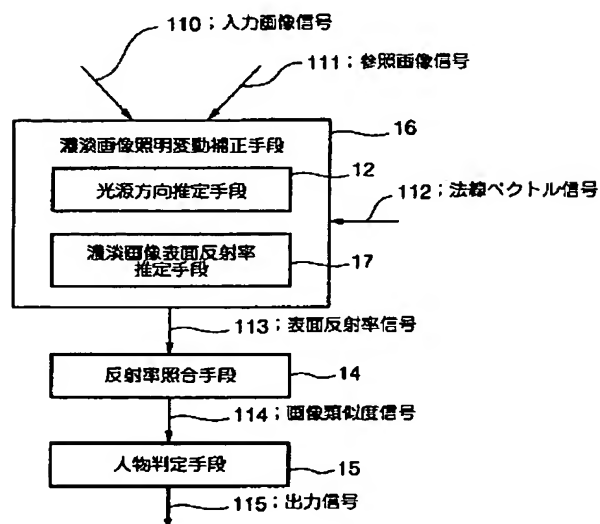
【図 5】



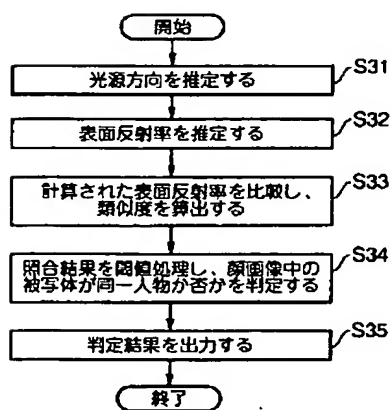
【図 4】



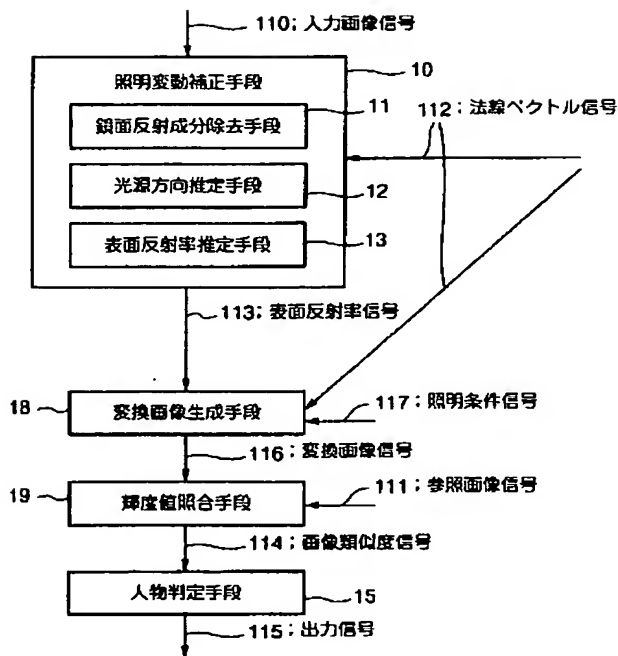
【図 6】



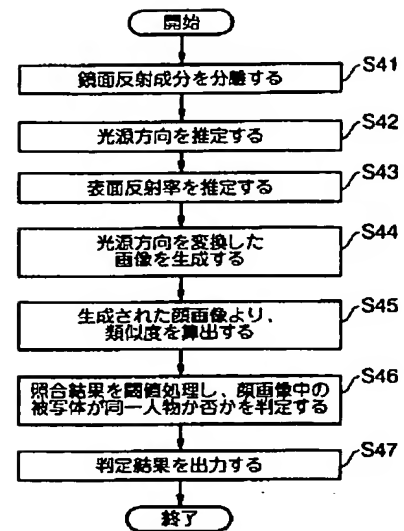
【図 7】



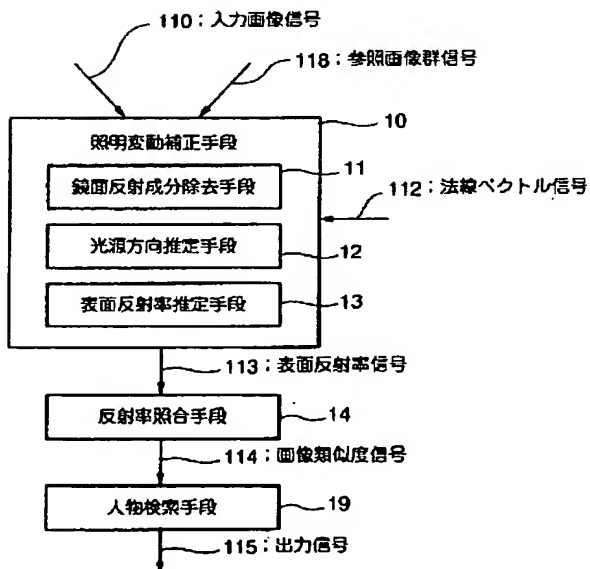
【図 8】



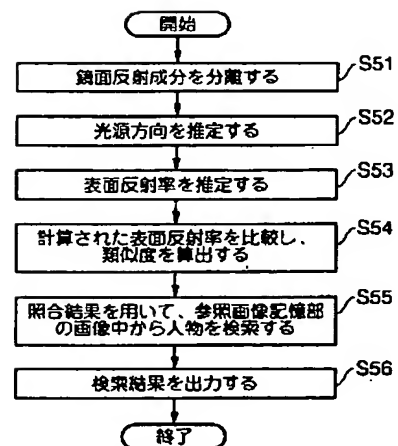
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

